

FASES DE PROGRADACION Y EVOLUCION MORFOSEDIMENTARIA DE LA FLECHA LITORAL DE CALAHONDA (GRANADA) DURANTE EL HOLOCENO

J. Lario *, C. Zazo * y J. L. Goy **

RESUMEN

La flecha litoral de Calahonda (Granada) constituye, junto con la de Roquetas (Almería), uno de los mejores ejemplos del sureste peninsular. Su desarrollo está asociado a las distintas oscilaciones del nivel del mar ocurridas durante el Holoceno, una vez alcanzado el máximo eustático. En general, se ha visto que la progradación de estas flechas se produce en unas condiciones favorables determinadas, que se han repetido cíclicamente durante el Holoceno, y han quedado reflejadas como diferentes unidades morfosedimentarias, cuyo patrón de formación es reconocible en todo el sur peninsular. En Calahonda, el principal crecimiento de la flecha litoral está asociado a la segunda fase de progradación, desarrollada en los últimos 2.400 años.

Palabras clave: *Holoceno, flecha litoral, progradación costera, geomorfología litoral.*

ABSTRACT

The spit bar of Calahonda (Granada), together with that one from Roquetas (Almería), constitutes one of the best examples in south-eastern Spain. Its development is associated to the different Holocene sea-level oscillations occurred since the last eustatic maximum. Progradation of these spit bars occurs under certain climatic conditions, which have repeated cyclically during Holocene times, giving place to different morphosedimentary units recognised along the whole southern peninsular littoral. In Calahonda, the main development of the spit bar is associated to the second progradation phase, which takes place since *ca.* 2,400 years.

Key words: *Holocene, spit bar, coastal progradation, coastal geomorphology.*

Características de los sistemas de flechas litorales

Los sistemas de flechas litorales desarrollados en el sur peninsular, corresponden, en general, al modelo de barreras progradantes caracterizados por la existencia de múltiples cordones playeros y crestas *foredune* (Clifton y Hunter, 1982). Representan la progradación costera que ocurre posterior al máximo eustático holoceno y se desarrollan asociados a ríos activos en costas dominadas por el oleaje (Roy *et al.*, 1994). Según Davies (1983), la progradación de los sistemas de flechas se produce bien en

momentos de bajada del nivel del mar, o bien en momentos de subida del nivel del mar cuando la tasa de sedimentación es mayor que la tasa de subida del mar. Este último caso no parece favorable para el registro geológico del sistema, y de hecho se ha observado que las condiciones favorables para la progradación de estos sistemas ocurren sólo cuando el nivel del mar baja suavemente o se estabiliza (Roy *et al.*, 1994). El estudio de numerosas barreras arenosas progradantes (caracterizadas principalmente por la presencia de acumulación de crestas de playa, Thom, 1984), muestra que después del máximo eustático holoceno se producen unas condicio-

* Departamento de Geología. Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC. José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid. E-mail: lario@mncn.csic.es.

** Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. 37008 Salamanca.

Tabla 1.—Dataciones ^{14}C realizadas en la flecha de Calahonda.

Cod. Muestra	Localidad	Laboratorio ¹	Muestra	Edad ^{14}C (yrBP)	Edad calibrada (Cal BP) ²
CH-1	Calahonda	LGQ-1025	Bivalvo marino	1520±170	1.050
CH-2	Calahonda	LGQ-1026	Bivalvo marino	2720±180	2.360
CH-3	Calahonda	LGQ-1027	Bivalvo marino	800±190	440
CH-4	Calahonda	LGQ-1028	Bivalvo marino	720±190	340

¹ LGQ, Laboratoire d'Geologie du Quaternaire, Marsella (Francia).

² Edades calibradas con el programa CALIB 3.0 (Stuiver y Reimer, 1993) y expresadas en años BP (Before Present), habiéndose corregido el efecto reservorio (440±85 años, Goy *et al.*, 1996; Lario, 1996).

nes de progradación *post-stillstand* con desarrollo de barreras arenosas regresivas en las que los tiempos de relajación necesarios para indicar cambios morfológicos son del orden de 10^3 años (Cowel y Thom, 1994). Se ha observado que las crestas de playa se forman por subidas de la «línea de agua» del rango de 5 a 30 cm que se mantienen por un intervalo de algunos años o épocas concretas (Tanner, 1995). El surco asociado a continuación se forma durante la siguiente bajada del nivel del mar al retornar la zona de batida del oleaje a su antigua posición para restablecer el equilibrio. De este modo, si bien la progradación de los sistemas se ha producido con una tendencia general de suave bajada del nivel del mar, el inicio de cada flecha se asocia con una situación momentánea de subida del nivel del mar de orden centimétrico.

Flechas litorales del sur peninsular

El sistema de flechas litorales más completo del área mediterránea peninsular es el de Roquetas, que ha sido objeto de numerosos estudios (Goy *et al.*, 1986; Somoza *et al.*, 1991; Zazo *et al.*, 1994). En general, se ha observado que existen diversas fases preferenciales de formación de las flechas litorales, asociándolas con los momentos de progradación en las que éstas se formaron, reconociéndose claramente cuatro fases correspondientes a otras tantas unidades morfosedimentarias, denominadas por los anteriores autores H₁, H₂, H₃ y H₄. Estas unidades se agrupan en dos fases principales de progradación, separadas entre sí por un *gap* erosivo o de no-deposición. Este patrón de formación de flechas litorales se observa en la mayoría de sistemas de flechas litorales holocenas desarrollada en el sur peninsular, tal como se ha descrito en varios estudios (Zazo *et al.*, 1994; Lario *et al.*, 1995; Goy *et al.*, 1996; Lario, 1996; Rodríguez Ramírez *et al.*, 1996).

A partir de la fotointerpretación de dichos sistemas realizada en los citados trabajos, así como del análisis de las dataciones de ^{14}C realizadas en los

mismos, se ha observado que la Fase de Progradación I (que incluye las unidades H₁ y H₂) debió empezar a desarrollarse posteriormente al máximo transgresivo holoceno (Goy *et al.*, 1986; Somoza *et al.*, 1991; Zazo *et al.*, 1994). La unidad H₂ se desarrolló entre ca. 4.400 y 2.700 Cal BP. Entre esta Fase y la Fase de Progradación II existe un *gap* que marca la no presencia de cuerpos sedimentarios entre 2.700 y 2.400 Cal BP. A partir de esta fecha se desarrolla la unidad H₃, que se desarrolla hasta ca. 700 Cal BP. Después de otro pequeño *gap*, a partir de ca. 500 Cal BP, comienza a desarrollarse la unidad H₄, cuya rápida progradación está bien documentada por datos históricos (Hoffmann, 1988; Lario *et al.*, 1995).

Sistema de Calahonda

Los sistemas del área mediterránea difieren de los del área atlántica en que no están asociados a la desembocadura de los ríos importantes ni cerrando estuarios o áreas de marismas. Hay un menor aporte de sedimentos, tanto por falta de aportes fluviales, como por la no presencia de materiales disgregables en este tramo del litoral que aporten los mismos. Esto ha producido el predominio de sistemas de llanuras deltaicas frente al predominio de marismas en el área atlántica.

En este área la costa es de baja a moderada energía, de tipo micromareal, con presencia de mareas meteorológicas. El rango mareal es cercano a 0,45 m. El aporte de sedimentos a la costa se localiza alejado del sector donde se desarrollan las flechas y proviene del río Adra y las ramblas de Gualchos y del Tranco, todos ellos situados al Este de la misma. Esta zona está influenciada por una deriva litoral regional hacia el O-SO, dado que este sector de la costa, al tener una trayectoria rectilínea, está dominado por los vientos de levante. La barrera que forma el saliente de Cabo Sacratif ha provocado el adosamiento de cordones playeros y una progradación del sistema hacia el Este. En dicho sistema de flechas litorales se han podido reconocer distintas

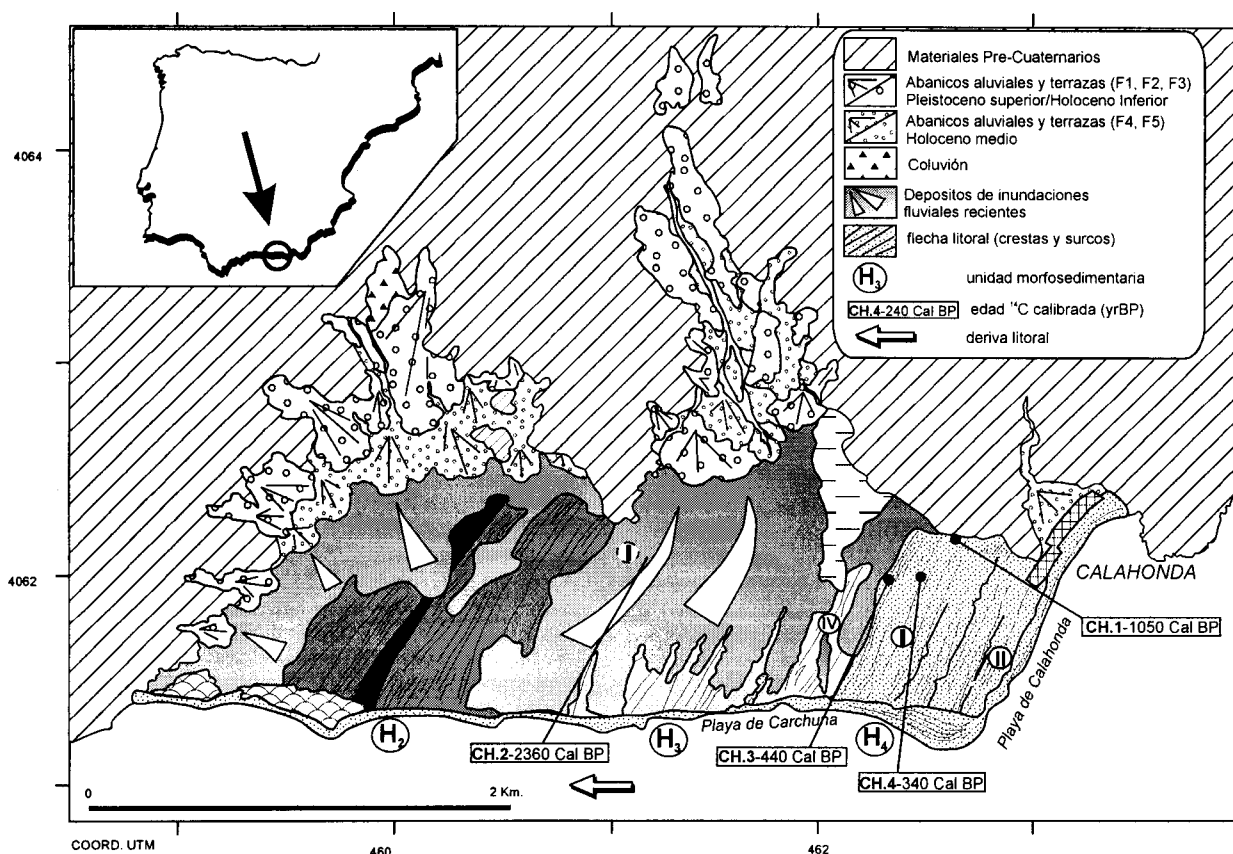


Fig. 1.—Esquema morfosedimentario de la flecha litoral de Calahonda (modificado de Lario, 1996).
Fig. 1.—Morphosedimentary sketch of Calahonda spit bar system (modified from Lario, 1996).

unidades morfosedimentarias, si bien su observación en fotografía aérea no es sencilla debido a que se encuentran cubiertas por depósitos aluviales recientes (Lario, 1996).

En la unidad morfosedimentaria más moderna (H_4) se han podido reconocer dos *sets* principales (H_{4-I} y H_{4-II}), estando desarrollados en los últimos 500 años, como lo atestiguan las dataciones isotópicas (tabla 1) realizadas (Lario, 1996) y datos históricos (Hoffmann, 1988).

La unidad anterior ha sido reconocida como la unidad H_3 , no observándose ninguna característica que pueda indicar un cambio en la deriva litoral, tal como se ha observado en la cercana flecha de Roquetas en el mismo período. Si observamos el patrón de formación de flechas propuesto por Somoza *et al.* (1991), Zazo *et al.* (1994), Lario *et al.* (1995) y Lario (1996), la unidad inmediatamente anterior a ésta se asigna a la unidad morfosedimentaria H_2 . Como se ha señalado, estas dos unidades (H_3 y H_2) están cubiertas por depósitos aluviales recientes y no se han podido diferenciar los distintos *sets* que han formado las mismas.

Todo el sistema está disectado en su parte Sur por un nuevo conjunto de cordones playeros que forman la actual playa de Calahonda, curvándose seguidamente hacia el Oeste, formando la actual playa de los Llanos de Carchuna. Probablemente, su formación y evolución está ligada a las obras de construcción realizadas en el puerto de Almería y a las desviaciones artificiales realizadas en el delta del río Adra durante el último siglo (Goy y Zazo, 1986).

Conclusiones

Basándose en el patrón de formación de flechas litorales del sur peninsular propuesto por varios autores, así como la fotointerpretación, dataciones ^{14}C y datos históricos, se ha observado que, en general, la formación de la flecha litoral de Calahonda se ajusta al modelo propuesto y es posible reconocer las principales unidades morfosedimentarias reconocidas en el litoral. Si bien el inicio de su formación no se ha podido determinar, sí están pre-

sentes las unidades H₂, H₃ y H₄, con lo que se distinguen las dos fases de progradación principales que se han observado en el desarrollo de sistemas morfosedimentarios litorales del sur peninsular durante el Holoceno.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una aportación al Proyecto IGCP 437 *Coastal environmental change during sea-level highstands* y a la *INQUA Commission on sea-level changes*. Ha sido financiado por los proyectos de la Fundación Areces «Cambio climático y variaciones del nivel del mar», y de la DGES PB98-0265 y PB98-0514.

Referencias

- Clifton, H. E. y Hunter, R. (1982). Coastal sedimentary facies. In: *The encyclopedia of beaches and coastal environments*. (M. L. Schwartz, edit.), Hutchinson Ross Publishing, Stroudsburg, PA: 314-322.
- Cowell, P. J. y Thom, B. G. (1994). Morphodynamics of coastal evolution. In: *Coastal evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics*. (R. W. G. Carter y C. D. Woodroffe, edit.), Cambridge Univ. Press, Great Britain: 33-86.
- Davis, R. (1983). *Depositional Systems. A genetic Approach to Sedimentary Geology*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Goy, J. L. y Zazo, C. (1986). Western Almería (Spain). Coastline changes since the Last Interglacial. *Journal of Coastal Research*, 1: 89-93.
- Goy, J. L., Zazo, C., Dabrio, C. J. y Hillaire Marcel, C. (1986). Evolution des systèmes de lagons-îles barrière du Tyrrhénien a l'actualité a Campo de Dalías (Almería, Espagne). Edit. de l'Orstom, *Coll. Travaux et Documents*, 197: 169-171.
- Goy, J. L., Zazo, C., Dabrio, C. J., Lario, J., Borja, F., Siero, F. y Flores, J. A. (1996). Global and regional factors controlling changes of coastlines in southern Iberia during the Holocene. *Quaternary Sci. Rev.*, 15: 1-8.
- Hoffmann, G. (1988). *Holozänstratigraphie und küstenlinien-verlagerung an der andalusischen Mittelmeerküste*. Fachbereich Geo wissenschaften der Universität Bremen, 2, 173 págs.
- Lario, J., Zazo, C., Dabrio, C. J., Somoza, L., Goy, J. L., Bardají, T. y Silva, P. G. (1995). Record of Recent Holocene Sediment Input on Spit Bars and Deltas of South Spain. En: *Holocene Cycles: Climate, Sea Levels, and Sedimentation*. (B. Core, edit.), *J. Coastal Res.*, Special Issue, 17: 241-245.
- Lario, J., Zazo, C., Plater, A. J., Goy, J. L., Dabrio, C., Borja, F. (1996). Late Holocene evolution of the Guadalquivir marshes (SW Spain). *28th Intern. Geographical Congress*. The Hague, August 1996. Abstr., vol. 249.
- Lario, J. (1996). *Ultimo Interglacial en el área de conexión Atlántico-Mediterráneo (Sur de España)*. *Variaciones del nivel del mar, paleoclima y paleoambientes*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 269 págs.
- Rodríguez Ramírez, A., Rodríguez Vidal, J., Gracia, F. J., Cáceres, L. M., Guerrero, V., y Cantano, M. (1996). Post-Flandrian eustatic curve in Cadiz Gulf (SW Spain). State of the art. *INQUA MBSS Newsletter*, 18: 7-12.
- Roy, P. S., Cowell, P. J., Ferland, M. A. y Thom, B. G. (1994). Wave-dominated coasts. In: *Coastal evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics*. (R. W. G. Carter y C. D. Woodroffe, edit.), Cambridge Univ. Press, Great Britain: 121-186.
- Somoza, L., Zazo, C., Goy, J. L. y Díaz del Río, V. (1991). Sea-level fluctuation cycles in the Mediterranean spanish coast during the last 7,000 years. Applications as a forecasting model for future sea-level trend. In: *Meeting on the Ocean Change. Management Patterns and the Environment*. Abstracts. La Rábida, Huelva, Spain: 19-26.
- Stuiver, M. y Reimer, P. (1993). Extended ¹⁴C data base and revised CALIB 3.0 ¹⁴C calibration program. In: *Calibration 1993*. (M. Stuiver, A. Long, y R. S. Kra, edits.), *Radiocarbon*, 35: 231-237.
- Tanner, W. F. (1995). Origin of beach ridges and swales. *Marine Geol.*, 129: 149-161.
- Thom, B. G. (1984). Transgressive and regressive stratigraphies of coastal sand barriers in eastern Australia. *Marine Geol.*, 7: 161-168.
- Zazo, G., Goy, J. L., Somoza, L., Dabrio, C., Belluomini, G., Impronta, S., Lario, J., Bardají, T. y Silva, P. G. (1994). Holocene sequence of relative sea level highstand-lowstand in relation to the climatic trends in the Atlantic-Mediterranean linkage coast: Forecast for future coastal changes and hazards. *J. Coastal Res.*, 10: 933-945.

Recibido el 15 de noviembre de 1999.

Aceptado el 22 de diciembre de 1999.